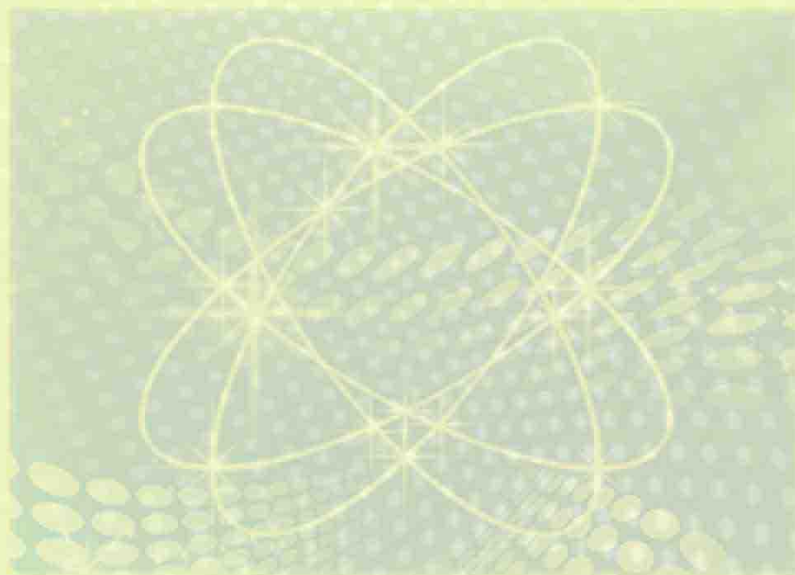


桥梁隧道施工技术与管理研究

彭档 王春值 李凌稷 主编



辽宁电子出版社

桥梁隧道施工技术与管理研究

彭档 王春值 李凌稷 主编

 辽宁电子出版社

题 名：桥梁隧道施工技术与管理研究

作 者：彭档 王春值 李凌稷

标 识：ISBN 978-7-89381-580-5

出 版 者：辽宁电子出版社

出 版 地：沈阳

出版时间：2025 年 1 月

责任编辑：孔小甜

字 数：210 千字

容 量：66.6M

出版格式：PDF

版权所有，侵权必究

编写成员

主 编

- 彭 档 五矿二十三冶建设集团有限公司
王春值 云南省交通规划设计研究院股份有限公司
李凌稷 广西交通投资集团梧州高速公路运营有限公司

副主编

- 张 静 山东省德州市陵城区交通工程质量保障中心
段文涛 长沙市轨道交通运营有限公司
张国艳 德州市公路事业发展中心临邑分中心

主编简介



彭档，男，汉族，湖南长沙人，本科学历。毕业于辽宁工程技术大学土木工程专业，长期从事公路工程、市政工程施工技术研究。现为五矿二十三冶建设集团有限公司工程总承包公司副总经理、总工程师。参编《高速公路桥梁隧道施工与安全生产管理探讨》，发表论文 2 篇，获授权专利 1 项，主持编写省部级工法 8 项；主持、指导省部级、国家级 QC 成果共 23 项。主持申报、参与实施、组织验收芙蓉奖、省优工程 1 项。



王春值，男，汉族，云南省昆明人，毕业于北京交通大学土木工程专业，本科学历。毕业于大连海事大学公共管理专业，硕士学位。现就职于云南省交通规划设计研究院股份有限公司，高级工程师（道桥专业），一直从事道路、桥梁隧道等工程勘察、设计、施工管理方向的研究工作，持有国家注册监理工程师、注册造价工程师、注册建造师等证书。



李凌稷，女，汉族，广西梧州人，大学本科学历。毕业于广西师范大学设计学院艺术设计（环境艺术设计）专业，主要研究方向为风景园林、公路运营，现就职于广西交通投资集团梧州高速公路运营有限公司，工程师，先后在《商品与质量》《环球市场》期刊发表论文 2 篇，参与省、市级绿化、公路养护等大小项目 30 余项。

前 言

在这个日新月异的时代，交通运输作为国民经济的动脉，其发展水平直接影响着一个国家的综合竞争力和民众的生活质量。公路桥梁与隧道作为连接地域、跨越障碍的关键节点，不仅是工程技术的结晶，更是推动社会发展进步的重要力量。随着全球化进程加快和区域经济一体化深化，对高质量、高效率的交通基础设施的需求日益迫切，这无疑对桥梁隧道的施工技术和管理水平提出了更高要求。

《桥梁隧道施工技术与管理研究》一书的问世，正是基于这一时代背景，旨在为相关从业人员提供一份翔实、专业且实用的参考资料。本书立足于当前桥梁隧道工程建设的实际需要，紧密结合产业经济学原理，系统阐述了桥梁隧道施工技术的发展现状、最新进展及未来趋势，并深入探讨了施工过程中的关键管理和养护运营问题。

首先围绕理论基础展开，概述了桥梁与隧道工程的历史演变、技术特点以及在现代社会中的地位作用，随后从产业经济学的角度，分析了交通基础设施对经济发展的推动作用，以及投资效益评估的方法和原则。这部分内容意在奠定坚实的理论根基，让读者对桥梁隧道的宏观意义有深刻认识；接着转入技术层面，详细介绍了桥梁与隧道的施工技术，包括各类结构的设计原理、施工工艺、新材料应用及特种施工技术等，特别强调了地质勘探、风险评估和安全支护在隧道开挖中的重要性。第六章则聚焦于桥梁隧道的养护与运营管理，探讨了日常养护的标准流程、检测评估手段、应急管理策略以及智能化运维系统的应用，旨在全面提升设施的耐久性和安全性。

通过精选国内外典型工程案例，结合前沿科技动态，呈现了桥梁隧道工程领域的创新成果和未来展望。这些案例不仅展示了顶尖工程师们的智慧结晶，也反映了科技进步对施工效率、质量和安全性的重大影响。第七章则站

在行业发展的高度，提出了一系列前瞻性的策略建议，旨在引导桥梁隧道工程向着更加绿色环保、智能高效的方向迈进。

编写本书的过程中，我们深感任务艰巨而又使命光荣。每一项技术的介绍、每一个案例的选择，都凝聚了作者团队的心血与汗水。我们衷心希望，《桥梁隧道施工技术与管理研究》不仅能为读者带来知识上的收获，更能激发大家对未来桥梁隧道工程技术无限可能性的想象和探索。

《桥梁隧道施工技术与管理研究》一书共分七章，字数 21 万余字。该书由五矿二十三冶建设集团有限公司彭档、云南省交通规划设计研究院股份有限公司王春值、广西交通投资集团梧州高速公路运营有限公司李凌稷担任主编。其中第一章、第二章及第三章由主编彭档负责撰写，字数 10 万余字；第四章及第五章由主编王春值负责撰写，字数 6 万余字；第六章及第七章由主编李凌稷负责撰写，字数 5 万余字，由张静、段文涛、张国艳担任副主编并负责全书统筹，为本书出版付出了大量努力。

在撰写本书的过程中，笔者参考和借鉴了其他学者的相关资料，在此深表感谢。由于笔者水平有限，加之时间仓促，本书难免存在一些疏漏，在此恳请同行专家和读者批评指正。

笔者

2024 年 11 月

目 录

第一章 桥梁与隧道理论基础	1
第一节 桥梁隧道工程的历史与演进	2
第二节 桥梁与隧道工程的定义与分类	15
第三节 桥梁与隧道结构的基本受力分析	26
第四节 桥梁与隧道设计原理与关键因素	35
第二章 桥梁工程技术与实践	42
第一节 桥梁施工基础处理	43
第二节 钢材与混凝土的新材料应用	47
第三节 传统与现代施工方法对比	53
第四节 桥梁上部结构安装技术	57
第五节 桥梁下部结构建造方法	61
第三章 隧道工程技术与实践	67
第一节 地质勘查与风险管理	68
第二节 防水与排水系统设计	77
第三节 隧道开挖与支护	84
第四节 隧道通风与照明	91
第五节 水下隧道与城市地铁隧道特殊施工技术	94

第四章	养护与运营管理	99
第一节	桥梁隧道日常维护与修复	100
第二节	应急处置与安全管理	102
第三节	桥梁隧道运营管理模式	109
第四节	桥梁隧道运营与维护的经济考量	111
第五章	工程勘察、设计与管理概述	118
第一节	地质与水文勘察	119
第二节	道路、桥梁、隧道选址策略	126
第三节	路桥技术与设计细节深化	134
第四节	工程施工质量控制与进度管理	137
第五节	工程验收与运维管理	140
第六章	产业经济学分析	144
第一节	桥梁隧道在经济社会中的定位	145
第二节	桥梁隧道项目投资分析	150
第三节	桥梁隧道项目成本与收益评估	151
第四节	政策与法律框架	153
第七章	案例分析与未来发展	158
第一节	全球桥梁隧道工程案例	158
第二节	区域贸易协定对基础设施需求的影响	164
第三节	技术创新与行业趋势	171
	参考文献	175

第一章 桥梁与隧道理论基础

桥梁和隧道，作为现代交通工程中的两大重要组成部分，在人类社会的发展历程中扮演着不可替代的角色。它们不仅连接了陆地，缩短了距离，更是承载着人们对美好生活的向往和追求。然而，这些宏伟的建筑背后隐藏的是深奥的科学原理和复杂的工程技术。其理论基础主要根植于力学原理、设计方法以及施工技术之中。

在力学原理方面，无论是桥梁还是隧道，都必须能够承受住自重、动态载荷（如车辆行驶）以及自然环境因素（例如风力、地震）带来的影响。对于桥梁而言，不同类型的桥型，如拱桥、斜拉桥、悬索桥和梁式桥，通过独特的结构设计实现了对这些力量的有效分配与抵抗；而隧道则需依靠岩石力学与土壤力学的知识，确保开挖过程的安全，并采取相应的支护措施防止坍塌；在设计方法上，桥梁与隧道都需要进行详尽的前期规划与评估。这不仅涉及结构安全性的考量，还要考虑到经济成本、环境保护以及对周边社区的影响等因素。计算机辅助设计软件（CAD）在此过程中发挥了重要作用，帮助工程师们快速迭代设计方案，并对其进行精确计算与模拟测试；至于施工技术，则随着科技进步不断更新换代，比如桥梁建设中广泛使用的预应力混凝土技术和模块化装配法提高了效率且减少了现场作业时间；而在隧道挖掘方面，掘进机（TBM）的应用极大提升了开挖速度并降低了风险。此外，新材料的研发也为两者提供了更多可能性，比如高性能混凝土、碳纤维复合材料等，使得结构更轻便却同样坚固耐用。

总之，桥梁与隧道之所以能够成为现代城市景观中不可或缺的部分，离不开上述理论知识与工程技术的支撑。

第一节 桥梁隧道工程的历史与演进

桥梁与隧道工程作为人类智慧与技能的结晶，经历了漫长的发展历程，从最初的简单构造到如今复杂精巧的设计，它们不仅是交通网络的关键组成部分，也是文明进步的象征。

一、桥梁工程的历史与演进

桥梁作为跨越河流、峡谷或障碍物的人造结构，自古以来就是连接分离地区、促进文化交流与贸易往来的关键。其历史与发展过程可以追溯至史前时代，直至今日仍在不断演进，展现了人类智慧和技术的巨大飞跃。

（一）史前至古典时期

桥梁工程的历史与演进是一部关于人类如何克服自然障碍、促进交流与发展的壮丽史诗，而这段故事始于最遥远的史前时期。

1. 原始桥梁雏形

桥梁作为一种古老而重要的基础设施，其原型可以追溯至人类最早的社会发展阶段——史前时期。那时的人类开始利用周围环境中的自然资源，创造性地解决横越水域或深谷的难题，从而开启了桥梁工程的序幕。

最初，倒伏的树木或天然形成的岩石构成的天然桥梁，为远古人类提供了最基本的过渡方式。这些自然形成的通道，虽然简单，却有效地帮助先民跨越障碍，寻找食物，迁移栖息地；随着时间的推移，人类学会了使用藤蔓、树枝编织成临时绳索，或将多个小树干绑在一起，创造出更为稳定的“步行桥”。这类初级人造桥梁多见于新石器时代晚期，尤其是在森林茂密、水源丰富的地区；随着石器工具的发明，人们开始将石材切割加工，用于建造更

为坚固耐用的桥梁。古埃及、美索不达米亚等地区的古代文明留下了大量石拱桥遗址，显示出对结构稳定性和使用寿命的关注。

在中国及其他拥有森林资源丰富的区域，木头因易获取且较易于加工的特点，在桥梁建造中占据主导地位。早在商周时期，我国便有了木架桥的使用记录，其后战国至秦汉，木桥技术得到了长足发展。

这些早期的桥梁不仅解决了交通运输的基本问题，更重要的是促进了不同群体间的交流互动，加速了文化和技术的传播扩散。无论是跨河交易市场，还是联结村落的纽带，桥梁都扮演了至关重要的角色。

2. 新石器时代

新石器时代，约公元前一万年至三千年前，是人类历史上的一个重要转折点，标志着农业革命的开始，人类社会从游牧生活转向定居农耕。这一时期的桥梁工程同样经历了显著的发展，反映了人类对生活环境的适应与改造能力增强。

在这一时期，人们开始注意到自然环境中形成的树木、岩石等可以作为天然的过河通道。例如，倒伏的大树、天然石梁常常被用作早期的“桥梁”，方便跨越溪流或小型水道。这些自然形成的桥梁，虽然简单，但却有效解决了人类居住区与耕地之间的地理障碍，为日常出行提供了便利；随着石器工具的改进，人类开始尝试使用石头、木头等更稳定的材料来建造桥梁。在一些水资源充沛、植被覆盖率高的地区，人们学会了编制枝条、藤蔓，以此作为缆索，搭建悬索桥或者筏桥。而在石料充足的区域，则出现了一些石砌的低矮桥梁，尽管形式较为朴素，却代表着对建筑材料认识和运用的一次飞跃。

新石器时代后期，随着村落逐渐形成，桥梁不仅仅承担着连接各聚居点的作用，还成了社群交往、贸易往来的纽带。一些位于重要地理位置的桥梁，逐渐发展成为集市、休息站甚至是守卫哨所，体现了桥梁在社会结构中的多功能性。

由于缺乏文字记录，我们很难确切了解这一时期具体桥梁建设的细节。

然而，考古学家通过对遗址的研究推测，认为新石器时代的人们在实践中总结了一系列建造方法，并通过口耳相传的方式将这些知识传递给下一代，为后来的桥梁工程奠定了一定的基础。此外，不同地区间的技术交流与相互借鉴也是推动桥梁技术演进的重要因素。

3. 古典时代

古典时代即指公元前 8 世纪至公元 5 世纪这段时间，是东西方桥梁工程迅猛发展的重要时期，尤其以古罗马和古中国的成就最为突出。在这几个世纪里，桥梁不仅是交通的基石，更是政治、经济、军事乃至文化交融的关键载体，体现了人类社会的科技进步与智慧结晶。

古罗马无疑是古典时代桥梁建设的领军人物。罗马帝国的桥梁以工艺精湛、气势磅礴著称，其结构多样，从单拱桥、多拱桥到吊桥一应俱全，其中不乏跨度惊人、造型优美的作品。最著名的例子莫过于阿尔坎塔拉桥（Alcántara Bridge），它跨越塔霍河，充分展现了罗马人在桥梁设计与施工方面的高超技艺。罗马桥梁不仅服务于日常交通，同时也是军事征服和行政管理的重要组成部分，为帝国的扩张奠定了坚实的物质基础。

在东方，中国的桥梁技术同样走在世界前列。早在商周时期，中原大地上已出现木架桥，战国时代更有使用浮桥的记录，直到秦朝统一天下后，全国范围内展开了道路和桥梁的大规模建设，大大加强了中央集权统治下的国内联系。秦始皇命蒙恬督建直道、驰道系统，其中包括诸多桥梁工程，确保政令传达无碍。此后，隋唐盛世的赵州桥，以其独创的敞肩式石拱设计，领先世界近千年，展示了中国古代工匠的非凡智慧。

尽管桥梁不是古希腊建筑的重点领域，但他们在雕刻和装饰艺术上赋予了桥梁独特的美学价值。同时，爱琴海周边的小型石桥证明了古希腊人对建筑学的理解。地中海东部的古叙利亚、黎凡特等地，也保留了大量以石材构建的桥梁，见证着当地人民对水上通道的重视；在南亚次大陆，尤其是古印度河流域文明，也建立了不少以石材为主的桥梁，旨在连接各个城市与圣地。

东南亚地区，如今天的柬埔寨吴哥窟附近，亦可见到以巨石打造的桥梁遗存，体现了当地对佛教文化和水利工程的双重敬重。

在史前至古典时期，桥梁的功能主要是满足基本的通行需求，随着时间推移，逐渐融入了更多的艺术和宗教元素，成为文化传承的一部分。这一时期的技术积累为后续桥梁工程的发展打下了坚实的基础，激发了后代无数工程师和建筑师的创新灵感。从最原始的天然树干，到精心设计的石拱桥，再到雄伟的罗马桥梁，每一座桥梁都在讲述着人类不断挑战自我、开拓新天地的故事。

（二）中世纪至文艺复兴

从时间轴上看，中世纪与文艺复兴这两个时期分别对应着大约公元 500 年至 1500 年左右的欧洲历史，它们不仅见证了社会、政治和文化的重大变革，也孕育了桥梁工程领域的深刻转型。两段历史时段内的桥梁建设，不仅反映了技术的持续进步，更凸显了对美学追求的不断升级，以及对古典理想与现实需求的调和与再创造。

1. 中世纪

中世纪是桥梁工程发展的一个关键时期，这个时间段大约横跨公元 5 世纪末至 15 世纪中期。在这期间，桥梁工程经历了从简单到复杂、从单一功能向多功能发展的转变，不仅在技术上取得了显著进展，也在设计理念上体现了当时社会文化和宗教的影响。

中世纪的桥梁建设最初受到了罗马工程技术的巨大影响，特别是在拱形结构的应用上。罗马人在桥梁设计和施工方面有着丰富的经验，他们建造了许多宏伟的石拱桥，其中一些至今仍屹立不倒，如法国的蓬杜加尔桥（Pont du Gard）。这些桥梁以其结构稳定性和耐用性著称，为中世纪及之后的桥梁建设提供了模板；在中世纪初期，随着建筑材料和施工技术的逐渐成熟，尤其是石材开采和加工技术的进步，建筑师们开始尝试更大跨度和更

复杂的拱形结构。比如，诺曼式的桥梁以其厚重的拱门和坚固的墩台闻名，能够承受较大的荷载，同时也具有一定的防御功能。

到了中世纪后期，由于贸易和人口增长的需求，桥梁不仅要满足基本的通行需要，还被赋予了更多的社会功能。许多桥梁上建有商店、住宅甚至是教堂，如英国的伦敦桥就是一个典型的例子。此外，一些桥梁还被用作社交和集会的场所，加深了社区联系。

中世纪的桥梁设计也深受宗教信仰的影响，很多桥梁上都装饰有基督教元素，如十字架、圣像等，用以祈求神灵保佑和净化旅途。同时，桥梁也被视为连接两个世界的通道，因此在某些文化中拥有特殊的精神意义；不同地区的地理条件和文化背景也促成了桥梁样式的多样性。在欧洲北部，木质桥梁更为常见；而在南部，则以石材为主。东方国家如中国和日本，受到自身悠久的木构技艺和审美观影响，发展出了独特的桥梁形式，如中国的石拱桥和日本的木制廊桥。

总的来说，中世纪的桥梁工程不仅展示了人类对抗自然挑战的能力，也映射出那个时代的思想观念和技术水平，为后世留下了宝贵的文化遗产。

2. 文艺复兴

文艺复兴时期，西方世界迎来了一个全面的文化复苏与创新高潮，这一时期在桥梁工程领域所取得的成就可以说是技术和艺术双重革新的综合体现。从大约 14 世纪末至 17 世纪初，这段历史不仅见证了桥梁构造上的重大突破，更深层次地反映了当时社会对美学追求的提升和对古典理想的致敬。

文艺复兴时期的桥梁工程，特别强调对材料的研究与创新。传统上使用的石材继续占据主导地位，但新兴的金属材料，如铁及其合金，开始被应用于关键结构部件，如支撑结构和加固元件，极大提升了桥梁的安全性和耐用性。同时，对混凝土和水泥的改良配比，让桥梁能在更恶劣的环境中保持稳定，尤其是在高湿度或多雨地区，增强了桥梁底部的耐腐蚀能力，确保了桥梁的长期稳固；在结构设计上，文艺复兴时期的建筑师们借鉴古罗马建筑的